

[First Hit](#)[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

Generate Collection

Print

L9: Entry 27 of 59

File: JPAB

Jan 8, 2003

PUB-NO: JP02003003234A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003003234 A

TITLE: FREE-CUTTING STEEL FOR PLASTIC MOLDING DIE HAVING EXCELLENT MACHINABILITY

PUBN-DATE: January 8, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

. COUNTRY

URITA, TATSUMI

FUJII, TOSHIMITSU

INT-CL (IPC): C22C 38/00; B29C 33/38; C22C 38/38; C22C 38/60

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide free-cutting steel in which desired machinability can always be obtained in steel for a plastic molding die, particularly, in the one of a prehardened type.

SOLUTION: In the steel having an alloy composition containing, by weight, 0.1 to 0.6% C, 0.02 to 1.0% Si, 0.5 to 2.0% Mn, 0.005 to 0.10% S, 0.2 to 2.5% Cr, 0.05 to 0.15% V, 0.001 to 0.020% Al, 0.0005 to 0.02% Ca and 0.0005 to 0.010% O, and in which the content of P is controlled to $\leq 0.03\%$, B to $\leq 0.002\%$, and N to $\leq 0.04\%$, and the balance Fe, the occupancy ratio of sulfide inclusions present in contact with oxide inclusions having a CaO content of 8 to 62% is 2.0×10^{-4} m² or higher per field area of 3.5 mm².

COPYRIGHT: (C)2003, JPO

[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-3234

(P2003-3234A)

(43)公開日 平成15年1月8日(2003.1.8)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	キーワード(参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 M 4 F 2 0 2
B 2 9 C 33/38		B 2 9 C 33/38	
C 2 2 C 38/38		C 2 2 C 38/38	
38/60		38/60	

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-185425(P2001-185425)

(22)出願日 平成13年6月19日(2001.6.19)

(71)出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72)発明者 瓜田 龍実

愛知県名古屋市中区大同町二丁目30番地

大同特殊鋼株式会社技術開発研究所内

(72)発明者 藤井 利光

愛知県名古屋市中区大同町二丁目30番地

大同特殊鋼株式会社技術開発研究所内

(74)代理人 100070161

弁理士 須賀 総夫

Fターム(参考) 4F202 AJ02 AJ07 CA30 CB01 CD18

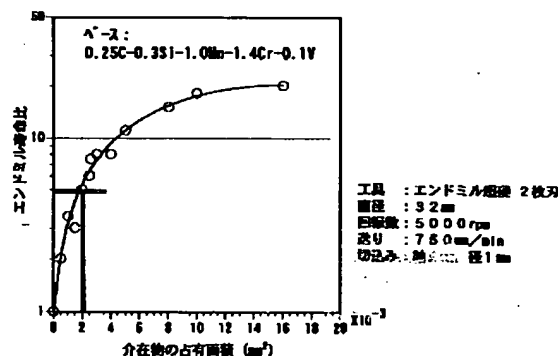
CD30

(54)【発明の名称】 被削性にすぐれたプラスチック成形金型用の快削鋼

(57)【要約】

【課題】 プラスチック成形金型用鋼、とくにプレハー
ドン型のものにおいて、常に所望の被削性が得られるよ
うな快削鋼を提供すること。

【解決手段】 重量%で、C:0.1~0.6%、S
i:0.02~1.0%、Mn:0.5~2.0%、
S:0.005~0.10%、Cr:0.2~2.5
%、V:0.05~0.15%、Al:0.001~
0.020%、Ca:0.0005~0.02%および
O:0.0005~0.010%を含有し、P:0.0
3%以下、B:0.002%以下、かつ、N:0.04
%以下であって、残部Feからなる合金組成を有する鋼
において、CaO含有量が8~62重量%の酸化物系介
在物と接して存在する、1.0重量%以上のCaを含有
する硫化物系介在物の占有面積が、視野面積3.5mm²
当たり2.0×10⁻⁴mm²以上であるもの。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C：0.1～0.6%、Si：0.02～1.0%、Mn：0.5～2.0%、S：0.005～0.10%、Cr：0.2～2.5%、V：0.05～0.15%、Al：0.001～0.020%、Ca：0.0005～0.02%およびO：0.0005～0.010%を含有し、P：0.03%以下、B：0.002%以下、かつ、N：0.04%以下であって、残部が不可避の不純物およびFeからなる合金組成を有し、CaO含有量が8～62重量%の酸化物系介在物と接して存在する、1.0重量%以上のCaを含有する硫化物系介在物の占有面積が、視野面積3.5mm²当たり2.0×10⁻⁴mm²以上であることを特徴とする被削性にすぐれたプラスチック成形金型用の快削鋼。

【請求項2】 請求項1に規定した合金成分に加えて、さらに、Mo：1.0%以下およびNi：2.0%以下の1種または2種を含有するプラスチック成形金型用の快削鋼。

【請求項3】 請求項1または2に規定した合金成分に加えて、さらに、Zr：0.5%以下、Pb：0.4%以下、Bi：0.4%以下、Se：0.5%以下およびTe：0.1%以下の1種または2種以上を含有するプラスチック成形金型用の快削鋼。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載した快削鋼を製造する方法であって、重量%で、C：0.1～0.6%、Si：0.02～1.0%、Mn：0.5～2.0%、S：0.005～0.10%、Cr：0.2～2.5%、V：0.05～0.15%、Al：0.001～0.020%、Ca：0.0005～0.02%およびO：0.0005～0.010%を含有し、P：0.03%以下、B：0.002%以下、かつ、N：0.04%以下であって、残部が不可避の不純物およびFeからなる組成の合金を溶製し、その際、下記の条件

[S]/[O]：8～40

[Ca]×[S]：1×10⁻⁵～1×10⁻³

[Ca]/[S]：0.01～20 かつ

[Al]：0.001～0.020%

を満たす操作を行なうことを特徴とする、被削性にすぐれたプラスチック成形金型用の快削鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラスチック成形金型用鋼、とくにプレハードン鋼とよばれるプラスチック成形金型用鋼において、被削性がすぐれている快削鋼と、その製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】プラスチックの成形に用いる金型は、通常、鋼の塊を機械加工または機械加工と放電加工との組

み合わせによって製造されているので、金型用鋼は、機械加工における被削性が高いことが要求される。金型材料として、近年の傾向では、あらかじめ熱処理を施してある、いわゆるプレハードン鋼を使用することが多い。金型の加工後に焼入れ焼戻し、焼ならしまたはさらに焼なましを行なうと、熱歪みによって変形するし、また、製作日数がかかるからである。

【0003】その上、最近では、金型の製造時間を短縮するため、送り速度が、たとえば20,000mm/分という、従来の約20倍に上る高送りを行なう超高速加工機械が導入されつつあり、このような過酷な条件での切削に耐える被削性が求められるようになってきた。他方、工作機械が高速回転化しつつあり、それに追従するため、工具の材料も、ハイスから超硬素材にシフトする傾向にある。このようなわけで、快削鋼のもつべき被削性も、重要度を増している。

【0004】鋼の被削性を改善する常套手段であるSの添加は、溶接性を低下させるし、機械的異方性が高くなるなどの問題があり、プラスチック金型用鋼においては限界がある。プラスチック金型の製造過程ではしばしば溶接が行なわれるので、溶接性の良否は、重要な特性である。

【0005】機械構造用鋼に関しては、被削性を改善するための研究は、長年にわたって行なわれてきた。出願人もこれまで多数の提案をしており、最近のものとしては、特開平10-287953号「機械的性質とドリル穴あけ加工性に優れた機械構造用鋼」が代表として挙げられる。この快削鋼は、CaOを8～62%含むカルシウムアルミネート酸化物介在物を内部に包み込んだ、長径/短径比が5以下であるような紡錘型の、Caを1%以上含むカルシウム・マンガン硫化物介在物を含有することを特徴とするものである。このような、酸化物を主体とする介在物が芯となり、その周囲を、硫化物を主体とする介在物が取囲んでいる構造の介在物を、「二重構造介在物」という。

【0006】続いて出願人は、特開2000-34538号「旋削加工性に優れた機械構造用鋼」において、Ca含有硫化物をCa含有量に従って3区分し、観察視野の面積に対する面積率を、Ca含有量が40%を超えるものをA、0.3～40%のものをB、0.3%未満のものをCとするとき、 $A/(A+B+C) \leq 0.3$ 、かつ $B/(A+B+C) \geq 0.1$ の条件を満たすものにおいて、旋削工具寿命が著しく延びることを開示した。

【0007】さらに研究を進めた出願人は、特開2000-219936号「快削鋼」に至って、介在物の存在すべき個数を明らかにして、被削性のバラツキを少なくすることに成功した。この発明の鋼は、0.1～1%のCaを含有する円相当直径5μm以上の硫化物を3.3mm²当たり5個以上含有することを特徴とする。

【0008】上述したさまざまな機械構造用快削鋼は、

3

すぐれた被削性を實現したが、実施に当たって、ときに被削性にバラツキが見られることが経験された。これは、カルシウム・マンガン硫化物介在物の存在形態が種々あり得るためと解される。そこで、良好な被削性をもたす介在物である二重構造介在物の存在形態をいっそう明らかにするとともに、介在物の存在形態に与える製造条件の影響を把握し、常に所望の被削性、とくに超硬工具旋削性が得られるような機械構造用の快削鋼の製造技術を確認すべく努力し、出願人は、特定の操業条件がきめてとなることを知り、これもすでに開示した(特願2001-174606号)。

【0009】出願人は、研究の対象をプラスチック金型用鋼に拡張し、上記の二重構造介在物とそれをもたす操業条件がプラスチック金型用鋼にも適用できるか否かを調べ、適用可能であることを知った。さらに、この二重構造介在物の存在が、プラスチック金型用鋼に要求される溶接性や、ある程度の鏡面性に対して、なんらマイナスの作用を示さないことも確認した。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、このような出願人の得た新知見を活用し、好適な存在形態にある二重構造介在物を含む、したがって良好な被削性を有し、一方で溶接性や鏡面性は損なわれていないプラスチック金型の快削鋼を提供することにある。常に所望の被削性を示すプラスチック金型の快削鋼を製造する方法を提供することもまた、本発明の目的に含まれる。本発明の目標は、機械構造用の場合に採用したところと同様、工具寿命比にして5倍以上の被削性改善を實現することにある。ここで「工具寿命比」の語は、エンドミル、切削、フライス加工、旋削などにおいて、本発明の快削鋼の工具寿命と、同一のS含有量をもつ従来のイオウ快削鋼の工具寿命との比を意味する。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成する、本発明の超硬工具旋削性にすぐれたプラスチック金型の快削鋼は、基本的な合金組成として、重量%で、C: 0.1~0.6%、Si: 0.02~1.0%、Mn: 0.5~2.0%、S: 0.005~0.10%、Cr: 0.2~2.5%、V: 0.05~0.15%、Al: 0.001~0.020%、Ca: 0.0005~0.02%およびO: 0.0005~0.010%を含有し、P: 0.03%以下、B: 0.002%以下、かつ、N: 0.04%以下であって、残部が不可避の不純物およびFeからなる合金組成を有し、CaO含有量が8~62重量%の酸化物系介在物と接して存在する、1.0重量%以上のCaを含有する硫化物系介在物の占有面積が、視野面積3.5mm²当たり2.0×10⁻⁴mm²以上であることを特徴とする。

【0012】上記の被削性にすぐれたプラスチック金型の快削鋼を製造する本発明の方法は、重量%で、C:

4

0.1~0.6%、Si: 0.02~1.0%、Mn: 0.5~2.0%、S: 0.005~0.10%、Cr: 0.2~2.5%、V: 0.05~0.15%、Al: 0.001~0.020%、Ca: 0.0005~0.02%およびO: 0.0005~0.010%を含有し、P: 0.03%以下、B: 0.002%以下、かつ、N: 0.04%以下であって、残部が不可避の不純物およびFeからなる組成の合金を溶製し、その際、下記の条件

[S]/[O]: 8~40

[Ca]×[S]: 1×10⁻⁵~1×10⁻³

[Ca]/[S]: 0.01~20 かつ

[Al]: 0.001~0.020%を満たす操業を行なうことを特徴とする。

【0013】

【発明の実施形態】本発明において、基本的な合金組成の鋼の組成を上記のように限定した理由は、つぎのとおりである。

【0014】C: 0.1~0.6%

Cは焼入れ焼戻し後に必要な強度および耐力を得るために必要な成分であり、0.1%未満の含有量では効果が不十分である。一方、C量が多くなると溶接割れ感受性が高くなり、また焼入れ焼戻し後の硬さが高くなり過ぎるので、上限を0.6%とした。溶接割れ感受性がとくに重要である場合は、0.3%までに止めることが望ましい。

【0015】Si: 0.02~1.0%

Siは溶製時に脱酸剤として使用する成分である。Siには、焼入性を高める働きもある。こうした効果は、0.02%に達しない少量では期待できない。しかし、多量に添加すると溶接割れ感受性が高くなり、また、偏析が大きくなることにより、シボ加工したときのシボムラの発生が多くなる。1.0%を上限としたが、この制限が与える悪影響は、Cr量およびMn量を低めに抑えることで、ある程度軽減できる。

【0016】Mn: 0.5~2.0%

Mnは、硫化物を生成する重要な元素である。硫化物の生成すなわらSの固定は、熱間加工性をよくするとともに、溶接時の母材側の硬さを低くして溶接割れを押さえ、焼入れ性を高める。こうした効果を確実にするには、0.5%以上の添加を要する。2.0%を超える添加は、被削性を低下させて発明の目的に反する。

【0017】S: 0.005~0.10%

Sは、被削性の向上にとって不可欠な成分であり、溶接割れの防止にも必要であるが、0.005%以上存在させればよい。MnSの生成量が過大であると、機械加工時のピンホールおよび放電加工時のピットの発生をもたらし、靱性を低下させる。さらに、プラスチック金型用鋼に固有の問題として、超音波検査時のノイズの原因になるから、比較的低いところに上限を設けなければなら

5

ない。その値が、0.10%である。

【0018】Cr:0.2~2.5%

Crは焼入れ性を高める成分である。とくに大型の金型を製造する場合、焼入れに対する質量効果の抑止を考えると重要であって、0.2%以上の添加を必須とする。多量に添加すると、炭化物偏析帯の生成を助長し、シボ加工性を悪くする上、被削性、溶接性および熱間加工性を低下させるので、最大2.5%までの添加に止める。

【0019】V:0.05~0.15%

Vは、焼戻し軟化抵抗性を確保するとともに、析出強化を期待して添加する。また、CやNと結合して炭窒化物をつくり、結晶粒を微細化する効果もある。これらの効果は、0.05%以上の添加で得られるが、0.15%を超えると被削性を低下させる。

【0020】Al:0.001~0.020%

Alは一般に脱酸効果を期待して添加するが、本発明においては、酸化物系介在物の組成を適切に調整して工具寿命を向上させる上で必要であり、少なくとも0.001%を添加する。0.20%を超えると硬質のアルミナクラスターを生成し、これが鋼の鏡面性と被削性を損なう。

【0021】Ca:0.0005~0.02%

Caは、硫化物中に含有させて切削工具の表面に保護膜を形成する成分であるから、本発明の鋼にとってきわめて重要な成分である。この効果を得るために、0.0005%以上の添加を必須とする。一方、0.02%を上回る過剰のCaを添加すると、高融点のCaSが生成し、鑄造時にノズルが閉塞するなどの障害が生じる。

【0022】O:0.0005~0.01%

Oは、硫化物析出のときに核となる酸化物(CaO, Al₂O₃など)を生成させる上で、必要な元素である。過度に脱酸した鋼においては高融点のCaSが多量に生成し、注湯性を悪くし鑄造の支障になるから、少なくとも0.0005%のOが必要である。一方、0.01%を超えるOは、Caをすべて酸化物にしてしまい、多量の硬質酸化物が生成して被削性が悪くなるばかりでなく、所望のカルシウム硫化物の生成が困難になる。多量の酸化物は、ピンホールの原因にもなる。適量の酸化物を硫化物が取り囲んだ二重構造介在物は、周囲が柔らかく粘り硫化物であるため、機械加工時に脱落し難く、ピンホールにならない。

【0023】本発明の快削鋼にありがちな不純物と、その規制について述べれば、つぎのとおりである。

【0024】P:0.03%以下

Pは、鋼の靱性および溶接性にとって有害であるから、なるべく少量であることが望ましいが、0.03%までは、靱性への悪影響が小さいので、通常許容できる。好ましくは、0.015%以下である。

【0025】B:0.002%以下

Bは溶接割れ感受性を高めて有害である。0.002%

6

は、この悪影響が実質上なく、許容できる限界である。

【0026】N:0.04%以下

Nは、Cとともに、Cr、Mo、V、Alと結合して炭窒化物を形成し結晶粒を微細にするから、有害とばかりはいえないが、炭窒化物はピンホールの原因になる。Nはまた、熱間加工性を低下させるから、やはり少ないに越したことはない。製鋼の実際からみて、とくに困難なく低減できる0.04%を上限として設けた。

【0027】本発明のプラスチック成形金型用の快削鋼は、上記した基本的な合金組成に加えて、金型のサイズや金型に要求される特性により必要となるところに従い、つぎのグループに属する元素の1種または2種以上を、規定する組成範囲内で、追加的に含有することができる。それらの変更態様において、任意に添加することができる各合金成分の働きと、組成範囲の限定理由を、つぎに述べる。

【0028】Ni:2.0%以下およびMo:1.0%の1種または2種

どちらも所望の硬さを確保する上で必要であれば、添加するとよい。Niは焼入れ性を高めるが、2.0%を超えると、被削性を悪くする。Moは焼入れ性を高めるとともに、600℃以上の温度における焼戻し軟化抵抗性を与える。Moも、被削性にはマイナスの存在である。それと、コストを考えて、1.0%以内の添加が得策である。

【0029】Zr:0.5%以下

は結晶粒を微細化し、靱性を向上させるのに有効な成分である。加えて、MnSの異方性を軽減する効果もある。しかしこれらの効果は、添加量の増大とともに飽和するので、0.5%を限度とした。

【0030】Pb:0.4%以下、Bi:0.4%以下、Te:0.1%以下およびSe:0.5%以下の1種または2種以上

いずれも、被削性改善元素である。Pbは、単独で、または硫化物の外周に付着する形で存在し、それ自身が被削性を高める。0.4%という上限は、これ以上のPbを添加しても鋼に溶解せず、凝集・沈殿して鋼の欠陥になることを理由に設けた。Biも、作用および塑性範囲の上限を決定した理由は、Pbと同様である。TeおよびSeの添加量の上限は、熱間加工性への悪影響を考慮して定めたものである。

【0031】本発明に従うプラスチック金型用の快削鋼の内部に存在する介在物は、前記したように二重構造介在物であって、EPMA分析によれば、芯部はCa、Mg、SiおよびAlの酸化物であり、その周囲を、CaSを含有するMnSが取り囲んだ構造をしている。このような介在物の形態は、下に論じる機構を通じて、本発明で目標とした、工具寿命比5という被削性を達成するために必要なものであり、このような介在物の形態を実現するための条件が、これも前記した操業条件である。

【0032】介在物の形態の規定「CaO含有量が8～62重量%の酸化物系介在物と接して存在する、1.0重量%以上のCaを含有する硫化物系介在物の占有面積が、視野面積 3.5mm^2 当たり $2.0 \times 10^{-4}\text{mm}^2$ 以上」を満たす介在物の占有面積と、工具寿命を同一S含有量のイオウ快削鋼が示す工具寿命に対する比との相関を、図1のグラフに示す。このデータは、本発明に従う下記の合金組成のプラスチック金型用の快削鋼に対してエンドミル切削を行なって得たものであって、
 $0.25\text{C}-0.3\text{Si}-1.0\text{Mn}-1.4\text{Cr}-0.1\text{V}-\text{Fe}$

工具寿命比5以上の結果は、二重構造介在物が $2.0 \times 10^{-4}\text{mm}^2$ 以上を占めたときに達成できることを示している。

【0033】本発明の機械構造用鋼がすぐれた被削性を示す理由として発明者らが考えているのは、以下に説明するような、二重構造介在物による工具表面のよりよい保護および潤滑の機構である。

【0034】本発明の二重構造介在物は、芯部が $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 系の複合酸化物であって、その周りを(Ca, Mn)S系の複合硫化物が取り巻いている。この酸化物は、 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系の中では低融点のものであり、一方、複合硫化物は、単純な硫化物MnSよりも高融点である。この二重構造介在物は、酸化物を $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系の低融点のものにすることにより、確実に硫化物が酸化物を取り巻く形で析出する。切削にあたって硫化物系介在物が溶融して工具表面を被覆し、保護するという作用はよく知られているが、硫化物だけしか存在しないと、この被膜の生成および維持は安定しない。発明者らの見出したところでは、硫化物系介在物にCaO- Al_2O_3 系の低融点酸化物が共存すると、被膜が安定に生成する上、(Ca, Mn)S系の複合硫化物は、単純なMnSよりも、潤滑性能が高い。

【0035】(Ca, Mn)S系の複合硫化物が工具表面に被膜を形成する意義は、「熱拡散摩耗」とよばれる超硬工具の摩耗を抑制する効果にある。熱拡散摩耗は、工具が切削対象から生じる切り屑に高温で接すると、工具材料を構成する炭化物が熱分解して、Cが切り屑金属中に拡散して失われる結果、工具が脆くなって進む摩耗である。潤滑性の高い被膜が工具表面に生成すると、工具の温度上昇が防がれて、Cの拡散が抑制される。

【0036】本発明の快削鋼の二重構造介在物 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Ca}, \text{Mn})\text{S}$ は、観点を変えてみれば、従来のイオウ快削鋼の介在物であるMnSと、従来のカルシウム快削鋼の介在物であるアノルサイト CaO

$\cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ との、それぞれの利点を併せもつものといえることができる。工具表面のMnSは、潤滑性を示すものの、被膜の安定性がいまいとつてあり、熱拡散摩耗に対しては無力である。一方、 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ は、安定な被膜を形成して熱拡散摩耗を防ぐが、潤滑性に乏しい。これに対し本発明の二重構造介在物は、安定な被膜を形成して熱拡散摩耗を効果的に防止するとともに、よりよい潤滑性を示す。

【0037】このような二重構造介在物の生成は、前述のように低融点の複合酸化物を用意することから始まるので、まず[A]量が重要であって、少なくとも0.001%の存在が必要である。[A]が多量に過ぎると、複合酸化物の融点が高くなってしまふから、0.020%以内にすると、CaSの生成量を調節するために、[Ca]×[S]および[Ca]/[S]を、前記した値にコントロールするわけである。

【0038】上述した機構は、実証を伴っている。前掲の特願2001-174606号では、機械構造用の快削鋼に関して、その発明に従う快削鋼を切削したの状態で、そこに付着した溶融介在物の分析結果とを、在来のイオウ快削鋼を旋削した場合と対比して示した。それによれば、付着した介在物は、どちらの場合もSが高い濃度で存在し、硫化物の被膜が生成していることが確認できるが、発明に従った快削鋼を旋削した工具には、Caの多量の付着が認められ、この被膜が(Ca, Mn)S系のものであることがわかったのに対して、在来のイオウ快削鋼の介在物にはCaの存在が認められなかった。同様の結果が、本発明のプラスチック成形金型用の快削鋼に関しても確認された。

【0039】

【実施例】表1および表2に示す組成のプラスチック成形金型用鋼を、150kg高周波真空誘導炉で溶製してインゴットに鑄造し、それぞれのインゴットを一辺が60mmの角棒型に鍛造して、熱処理後に試験に供した。熱処理は、970℃への加熱後空冷する焼入れと、それに続く、各鋼に適切な温度における焼戻しである。表1および表2において、実験番号が大文字(A, B)のものは実施例、小文字(a, b)のものは比較例であり、下記の内容の対比である。

Aおよびaのシリーズ：主要成分の組成が同じであって、CaやOなどの量が異なるもの

Bおよびbのシリーズ：比較例として、既存の合金組成

において、従来の知見にもとづいてSやSiの量を増加したものを試験した

【0040】

表1 (Aシリーズ、その1) 合金組成(重量% 残部Fe) 実施例

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
A 1	0.55	0.25	0.91	0.015	0.014	0.10	0.25	0.01	0.01	0.009	0.0018	0.0015	0.013	
a 1	0.54	0.27	0.98	0.014	0.012	0.14	0.27	0.01	0.01	0.016	0.0002	0.016	0.014	
A 2	0.24	0.49	0.98	0.008	0.027	0.08	1.42	0.01	0.11	0.010	0.0035	0.0028	0.011	
a 2	0.25	0.52	1.00	0.008	0.026	0.09	1.41	0.01	0.10	0.008	0.0002	0.0009	0.014	
A 3	0.24	0.49	0.98	0.008	0.055	0.08	1.42	0.01	0.11	0.007	0.0033	0.0033	0.011	
a 3-1	0.25	0.52	1.00	0.008	0.057	0.09	1.41	0.01	0.10	0.008	0.0001	0.0012	0.014	
a 3-2	0.25	0.49	0.98	0.010	0.057	0.07	1.36	0.01	0.10	0.004	0.0038	0.0008	0.010	
A 4	0.28	0.99	0.75	0.013	0.018	0.10	1.42	0.01	0.07	0.012	0.0033	0.0031	0.013	
a 4	0.25	1.02	0.78	0.012	0.017	0.09	1.44	0.01	0.08	0.020	0.0001	0.0013	0.012	
A 5	0.26	0.30	1.00	0.011	0.025	0.10	1.42	0.24	0.10	0.008	0.0018	0.0031	0.013	
a 5	0.25	0.28	1.00	0.009	0.056	0.09	1.44	0.24	0.10	0.010	0.0001	0.0013	0.012	
A 6	0.26	0.98	1.00	0.011	0.055	0.10	1.42	0.24	0.10	0.009	0.0025	0.0031	0.013	
a 6	0.25	1.00	1.00	0.009	0.054	0.09	1.44	0.24	0.10	0.010	0.0001	0.0013	0.012	

表1 (Aシリーズ、その2) 合金組成(重量% 残部Fe)

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
A 7	0.18	0.04	1.60	0.008	0.042	0.10	2.20	0.36	0.12	0.010	0.0035	0.0018	0.013	
a 7-1	0.19	0.04	1.65	0.009	0.040	0.09	2.24	0.34	0.12	0.015	0.0001	0.0013	0.012	
a 7-2	0.19	0.06	1.67	0.009	0.041	0.08	2.25	0.33	0.10	0.018	0.0038	0.0009	0.008	
A 8	0.18	0.50	1.71	0.011	0.045	0.12	2.52	0.38	0.11	0.009	0.0035	0.0029	0.007	
a 8	0.18	0.52	1.70	0.012	0.044	0.09	2.55	0.39	0.12	0.015	0.0003	0.0013	0.009	
A 9	0.17	0.50	1.66	0.010	0.051	0.12	2.50	0.38	0.13	0.015	0.0038	0.0022	0.007	
a 9	0.16	0.95	1.65	0.012	0.049	0.09	2.55	0.39	0.12	0.015	0.0001	0.0013	0.009	
A 10	0.18	0.96	1.62	0.007	0.050	1.01	2.01	0.44	0.11	0.011	0.0025	0.0032	0.011	
a 10	0.19	0.32	1.64	0.006	0.048	1.04	2.00	0.46	0.10	0.016	0.0001	0.0016	0.009	
A 11	0.26	0.50	0.98	0.008	0.055	0.04	1.38	0.01	0.12	0.006	0.0035	0.0031	0.013	Zr 0.02
a 11	0.25	0.52	0.97	0.010	0.053	0.05	1.37	0.01	0.12	0.020	0.0001	0.0013	0.012	Zr 0.02
A 12	0.25	0.53	0.77	0.009	0.051	0.08	1.02	0.01	0.11	0.007	0.0043	0.0045	0.011	Pb 0.30
a 12	0.25	0.53	0.78	0.008	0.052	0.09	1.01	0.01	0.10	0.008	0.0001	0.0011	0.014	Pb 0.32
A 13	0.16	0.53	2.05	0.008	0.065	0.12	2.30	0.40	0.09	0.009	0.0038	0.0042	0.007	Bi 0.21
a 13	0.17	0.52	2.01	0.007	0.062	0.10	2.34	0.39	0.10	0.015	0.0001	0.0019	0.009	Bi 0.22

表1 (Aシリーズ、その3) 合金組成(重量% 残部Fe)

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
A 14	0.15	0.83	1.60	0.011	0.053	0.13	2.10	0.45	0.09	0.012	0.0032	0.0035	0.007	Te 0.02
a 14	0.15	0.82	1.65	0.009	0.051	0.11	2.13	0.42	0.10	0.013	0.0001	0.0023	0.008	Te 0.03
A 15	0.26	0.98	1.00	0.011	0.075	0.10	1.42	0.24	0.09	0.012	0.0032	0.0035	0.007	Se 0.25
a 15	0.25	1.00	1.00	0.009	0.073	0.09	1.44	0.22	0.10	0.013	0.0001	0.0023	0.009	Se 0.28

表2 (Bシリーズ) 合金組成(重量% 残部Fe)

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
B1	0.26	0.20	1.00	0.011	0.024	0.10	1.42	0.01	0.10	0.008	0.0033	0.0018	0.013	
b1	0.25	1.05	1.00	0.009	0.085	0.09	1.44	0.01	0.10	0.010	0.0001	0.0010	0.012	
B2	0.18	0.05	1.60	0.008	0.032	0.10	2.20	0.36	0.12	0.010	0.0035	0.0018	0.012	
b2	0.19	0.98	1.65	0.009	0.105	0.09	2.24	0.34	0.12	0.015	0.002	0.013	0.012	

【0042】各供試材について、硬さを測定するとともに、下記の試験を行なった。プラスチック成形金型用の各快削鋼の成分比、すなわち、 $[S]/[O]$ 、 $[Ca] \times [S] \cdot 10^{-5}$ および $[Ca]/[S]$ の値と、介在物の形態、旋削時における工具表面の保護被膜*の形成とともに、試験結果を、表1および表2に対応して表3および表4に示す。

【0043】〔被削性〕次の条件で切削加工を行ない、得られた工具寿命時間の、対応する比較例の工具寿命時間を1としたときの比を「工具寿命比」として示した。

工具：エンドミル2枚刃、径32mm 回転：5000rpm

送り：750mm/min

切込み：軸4mm、径1mm

切削油：なし

工具寿命判定基準：横逃げ面最大摩耗0.3mm

【0044】〔硫化物系介在物の評価〕EPMAにより、CaO含有量が8~62重量%の酸化物系介在物と接して存在する、1.0重量%以上のCaを含有する硫化物系の介在物が、視野面積3.5mm² 当たりに占める面積を測定した。

【0045】〔鏡面性の評価〕試験片の表面を#3000エメリーで手仕上げにより研磨した。鏡面のピンホール、シボムラなどを調べ、プラスチック成形金型用鋼と※

※して使用可能なものを○、使用に適しないものを×とした。

【0046】〔溶接性の評価〕JIS-Z3158に規定する斜めY型溶接試験を行なった。300℃の予熱をした場合の試験片10本のいずれにも溶接割れが発生しなかったものを○、いずれかに溶接割れが発生したものを×とした。

【0047】

表3 (Aシリーズ、その1) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	$[S]/[O]$	$[Ca] \cdot [S]$ $\times 10^{-5}$	$[Ca]/[S]$	保護被膜	工具寿命比	鏡面性	溶接性
A1	28HS	7.8×10^{-4}	9.3	2.5	0.13	○	15	○	×
a1	28HS	1.2×10^{-5}	7.5	0.2	0.02	×	1	○	×
A2	29HS	1.3×10^{-3}	9.6	9.5	0.13	○	22	○	○
a2	29HS	1.8×10^{-5}	28.9	0.5	0.01	×	1	○	○
A3	29HS	7.2×10^{-4}	16.7	18.2	0.06	○	14	○	○
a3-1	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	47.5	0.6	0.00	×	1	○	○
a3-2	30HS	3.2×10^{-5}	71.3	16.0	0.05	×	2	○	○
A4	29HS	8.8×10^{-4}	5.8	5.9	0.18	○	10	○	○
a4	28HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	13.1	0.2	0.01	×	1	○	○
A5	30HS	4.2×10^{-4}	8.1	4.5	0.07	○	15	○	○
a5	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	43.1	0.5	0.00	×	1	○	○
A6	31HS	7.2×10^{-4}	17.7	18.8	0.05	○	11	○	○
a6	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	41.5	0.5	0.00	×	1	○	○

表 3 (Aシリーズ、その2) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	[S]/[O]	[Ca]・[S] ×10 ⁻⁴	[Ca]/[S]	保護被 膜	工具寿 命比	鏡面性	溶接性
A7	30HRC	9.4×10^{-4}	23.3	14.7	0.08	○	17	○	○
a7-1	31HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	30.8	0.4	0.00	×	1	○	○
a7-2	30HRC	5.2×10^{-4}	45.6	15.6	0.09	×	3	○	○
A8	29HRC	8.2×10^{-4}	15.5	15.8	0.08	○	15	○	○
a8	29HRC	2.0×10^{-5}	33.8	1.3	0.01	×	1	○	○
A9	30HRC	8.4×10^{-4}	23.2	19.4	0.07	○	17	○	○
a9	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	37.7	0.5	0.00	×	1	○	○
A10	31HRC	4.2×10^{-4}	15.6	12.5	0.05	○	8	○	○
a10	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	30.0	0.5	0.00	×	1	○	○
A11	31HS	8.2×10^{-4}	17.7	19.3	0.06	○	16	○	○
a11	31HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	40.8	0.5	0.00	×	1	○	○
A12	31HS	1.2×10^{-3}	11.3	21.9	0.08	○	20	○	○
a12	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	47.3	0.5	0.00	×	1	○	○
A13	30HRC	6.2×10^{-4}	15.5	24.7	0.06	○	15	○	○
a13	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	32.6	0.6	0.00	×	1	○	○

表 3 (Aシリーズ、その3) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	[S]/[O]	[Ca]・[S] ×10 ⁻⁴	[Ca]/[S]	保護被 膜	工具寿 命比	鏡面性	溶接性
A14	30HRC	5.5×10^{-4}	15.1	17.0	0.06	○	12	○	○
a14	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	22.2	0.5	0.00	×	1	○	○
A15	31HRC	5.7×10^{-4}	21.4	24.0	0.04	○	14	○	○
a15	31HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	31.7	0.7	0.00	×	1	○	○

【0048】

表 4 (Bシリーズ) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	[S]/[O]	[Ca]・[S] ×10 ⁻⁴	[Ca]/[S]	保護被 膜	工具寿 命比	鏡面性	溶接性
B1	29HS	8.4×10^{-4}	13.3	7.9	0.14	○	5	○	○
b1	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	85.0	0.9	0.00	×	1	×	×
B2	30HRC	1.3×10^{-3}	17.8	11.2	0.11	○	4	○	○
b2	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	80.8	2.1	0.00	×	1	×	×

【0049】

【発明の効果】本発明のプラスチック成形金型用の快削鋼には、高い被削性をもたらす介在物とくに二重構造介在物が、最適の形態で存在するから、被削性において在来のイオウ快削鋼に対して工具寿命が5倍以上という目標を容易に達成することができる、すぐれた被削性を実現した。

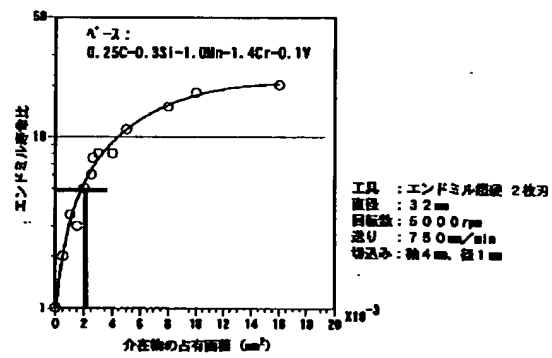
【0050】これまでの快削鋼において、良好な被削性を与える介在物の形態に関しては、ある程度の考察が行なわれていたが、そのような介在物を高い再現性をもつ*50

*て作り出す手段に関しては、いまひとつ満足できないのが実状であった。本発明はこの点において従来技術の階路を突破したものであり、前記の操業条件を満たす製造を行なうことにより、常にすぐれた被削性をもつプラスチック成形金型用の、とくにプレハードン型の快削鋼が製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にしたがうプラスチック成形金型用の快削鋼中において、「二重構造介在物」が占める面積と工具寿命比との関係を示すグラフ。

【図1】



* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] By weight %, C:0.1 - 0.6%, Si:0.02-1.0%, Mn:0.5-2.0%, S:0.005 - 0.10%, Cr:0.2-2.5%, V:0.05 - 0.15%, aluminum:0.001-0.020%, calcium:0.0005-0.02%, and O:0.0005 - 0.010% are contained. They are P:0.03% or less, B:0.002% or less, and N:0.04% or less. Have the alloy presentation which the remainder becomes from an unescapable impurity and unescapable Fe, and exist in contact with the oxide system inclusion whose CaO content is 8 - 62 % of the weight. The free cutting steel excellent in the machinability to which occupancy area of the sulfide system inclusion containing 1.0% of the weight or more of calcium is characterized by visual field area [of 3.5mm] being two or more 2.0x10 to 4 mm per two for plastic-molding metal mold.

[Claim 2] the alloy content specified to claim 1 -- in addition, the free cutting steel for plastic-molding metal mold which contains one sort less than [Mo:1.0%] and not more than nickel:2.0%, or two sorts further.

[Claim 3] the alloy content specified to claims 1 or 2 -- in addition -- further -- Zr: -- the free cutting steel for plastic-molding metal mold which contains one sort less than [Pb:0.4%], less than [Bi:0.4%], less than [Se:0.5%], and not more than Te:0.1%, or two sorts or more 0.5% or less.

[Claim 4] It is the approach of manufacturing the free cutting steel indicated to claim 1 thru/or either of 3. By weight % C:0.1 - 0.6%, Si:0.02-1.0%, Mn:0.5-2.0%, S:0.005 - 0.10%, Cr:0.2-2.5%, V:0.05 - 0.15%, aluminum:0.001-0.020%, calcium:0.0005-0.02%, and O:0.0005 - 0.010% are contained. They are P:0.03% or less, B:0.002% or less, and N:0.04% or less. The alloy of a presentation with which the remainder consists of an unescapable impurity and unescapable Fe is ingoted. In that case Following [Condition S] / [O]:8-40[calcium] x[S]:1x10⁻⁵-1x10⁻³[calcium] / [S]:0.01-20 And it is characterized by performing operation which fills [aluminum]:0.001-0.020%. The manufacture approach of the free cutting steel for plastic-molding metal mold excellent in machinability.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a free cutting steel excellent in machinability, and its manufacture approach in the steel for plastic-molding metal mold, especially the steel for plastic-molding metal mold called a prehardened steel.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is required that its machinability [in / in the steel for metal mold / machining] should be high since the metal mold used for shaping of plastics is usually manufactured with the combination of machining or machining, and an electron discharge method in the lump of steel. As a metal mold ingredient, the so-called prehardened steel which has heat-treated beforehand is used with an inclination in recent years in many cases. It is because it will deform by heat distortion and manufacture days will start, if it anneals to hardening annealing, normalizing, or a pan after processing of metal mold.

[0003] Moreover and recently, in order to shorten the production time of metal mold, the ultra high-speed processing machine which performs high delivery which a feed rate goes up by about 20 times over the past called a part for 20,000mm/is being introduced, and the machinability which is equal to cutting by such severe condition has come to be called for. On the other hand, since the machine tool has rotation[high-speed]-ized and it is followed, the ingredient of a tool is also in the inclination shifted from a high speed steel to a superhard material. By such reason, the machinability which should have a free cutting steel is also increasing significance.

[0004] Addition of S which is the stock-in-trade which improves the machinability of steel reduces weldability, has problems, like a mechanical anisotropy becomes high, and has a limitation in the steel for plastics metal mold. Since welding is often performed in the manufacture process of plastics metal mold, the quality of weldability is an important property.

[0005] About steel for machine structural use, research for improving machinability has been done over many years. The applicant is also proposing a large number until now, and JP,10-287953,A "steel for machine structural use excellent in a mechanical property and drill punching workability" is mentioned as a representative as latest thing. It is characterized by this free cutting steel containing the calcium manganese sulfide inclusion which contains calcium of the spindle mold whose major axis / minor-axis ratio which wrapped in the calcium aluminates oxide inclusion which contains CaO 8 to 62% inside are five or less 1% or more. Such inclusion that makes an oxide a subject serves as the heart, and the inclusion of the structure where the inclusion which makes a sulfide a subject encloses the perimeter is called "dual structure inclusion."

[0006] Then, an applicant sets to JP,2000-34538,A "steel for machine structural use excellent in cutting-process-by-turning nature." When setting [that to which calcium content sulfide is classified into three times according to calcium content, and calcium content exceeds 40% for the rate of area to the area of an observation visual field] B and less than 0.3% of thing to C for A and 0.3 - 40% of thing, In $A/(A+B+C) \leq 0.3$ and the thing which fulfills the conditions of $B/(A+B+C) \geq 0.1$, it indicated that a

lathe-turning tool life was prolonged remarkably.

[0007] The applicant who furthermore advanced research succeeded in clarifying the number to which inclusion should exist in JP,2000-219936,A "a free cutting steel" very much, and lessening variation in machinability. Steel of this invention is characterized by containing five or more sulfides per two with a circle equivalent diameter [containing 0.1 - 1% of calcium] of 5 micrometers or more 3.3mm.

[0008] Although various machine structural steel worker free cutting steels mentioned above realized outstanding machinability, it was experienced in operation that variation is sometimes looked at by machinability. This is understood because there may be various calcium manganese sulfide inclusion's existence gestalten. Then, while clarifying further the dual structure inclusion's which is inclusion's which brings about good machinability's existence gestalt, the effect of the manufacture conditions given to an inclusion's existence gestalt has been grasped, and it tried hard that the manufacturing technology of a free cutting steel of a machine structural steel worker with which desired machinability, especially sintered carbide tool lathe-turning nature are always obtained should be established, and the applicant knew that a specific operating condition would serve as *****, and also already indicated this (application for patent No. 174606 [2001 to]).

[0009] The applicant extended the object of research to the steel for plastics metal mold, investigated whether the operating condition which brings the above-mentioned dual structure inclusion and it about could apply also to the steel for plastics metal mold, and knew that it could apply. Furthermore, existence of this dual structure inclusion also checked that an operation of minus was not shown at all to the weldability required of the steel for plastics metal mold, and a certain amount of mirror plane nature.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention utilizes the new knowledge which such an applicant acquired, and contains the dual structure inclusion in a suitable existence gestalt, therefore it has good machinability, and is in weldability and mirror plane nature offering the free cutting steel for plastics metal mold which is not spoiled by one side. Offering the approach of manufacturing the free cutting steel for plastics metal mold in which desired machinability is always shown is also included in the purpose of this invention. The target of this invention is to make it a tool life ratio and realize the machinability improvement of 5 or more times like the place which was adopted in the case of the machine structural steel worker. The word of a "tool life ratio" means the ratio of the tool life of the free cutting steel of this invention, and the tool life of an ordinary sulfur free cutting steel with the same S content in an end mill, cutting, milling, lathe turning, etc. here.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The free cutting steel excellent in the sintered carbide tool lathe-turning nature of this invention which attains the above-mentioned purpose for plastics metal mold As a fundamental alloy presentation, by weight %, C:0.1 - 0.6%, Si:0.02-1.0%, Mn: 0.5-2.0%, S:0.005 - 0.10%, Cr:0.2-2.5%, V:0.05 - 0.15%, aluminum:0.001-0.020%, calcium:0.0005-0.02%, and O:0.0005 - 0.010% are contained. They are P:0.03% or less, B:0.002% or less, and N:0.04% or less. Have the alloy presentation which the remainder becomes from an unescapable impurity and unescapable Fe, and exist in contact with the oxide system inclusion whose CaO content is 8 - 62 % of the weight. Occupancy area of the sulfide system inclusion containing 1.0% of the weight or more of calcium is characterized by visual field area [of 3.5mm] being two or more 2.0x10 to 4 mm per two.

[0012] The approach of this invention of manufacturing the free cutting steel excellent in the above-mentioned machinability for plastics metal mold By weight %, C:0.1 - 0.6%, Si:0.02-1.0%, Mn:0.5-2.0%, S:0.005 - 0.10%, Cr:0.2-2.5%, V:0.05 - 0.15%, aluminum:0.001-0.020%, calcium:0.0005-0.02%, and O:0.0005 - 0.010% are contained. They are P:0.03% or less, B:0.002% or less, and N:0.04% or less. The alloy of a presentation with which the remainder consists of an unescapable impurity and unescapable Fe is ingoted. In that case Following [Condition S] / [O]:8-40[calcium] x[S]:1x10⁻⁵-1x10⁻³ [calcium] / [S]:0.01-20 And it is characterized by performing operation which fills [aluminum]:0.001-0.020%.

[0013]

[Embodiment of the Invention] In this invention, the reason which limited the presentation of the steel of a fundamental alloy presentation as mentioned above is as follows.

[0014] C:0.1 - 0.6%C is a component required in order to acquire reinforcement and proof stress required after hardening annealing, and its effectiveness of less than 0.1% of content is inadequate. On the other hand, since weld-cracking susceptibility becomes high and the hardness after hardening annealing became high too much when the amount of C increased, the upper limit was made into 0.6%. When weld-cracking susceptibility is especially important, stopping by 0.3% is desirable.

[0015] Si: 0.02 - 1.0%Si is a component used as a deoxidizer at the time of an ingot. There is also work which raises hardenability in Si. It reaches to 0.02%, such effectiveness is twisted, and if little, it is not expectable. However, when weld-cracking susceptibility will become high if it adds so much, and a segregation becomes large, generating of the crimp nonuniformity when carrying out crimp processing increases. Although 1.0% was made into the upper limit, the bad influence which this limit has is stopping the amount of Cr(s), and the amount of Mn lowness, and can be mitigated to some extent.

[0016] Mn: 0.5 - 2.0%Mn is an important element which generates a sulfide. It makes low hardness by the side of the base material at the time of welding, presses down weld cracking, and raises hardenability while generation of a sulfide, i.e., immobilization of S, improves hot-working nature. In order to ensure such effectiveness, 0.5% or more of addition is required. The addition exceeding 2.0% reduces machinability and is contrary to the purpose of invention.

[0017] What is necessary is just to make it exist, although S:0.005 - 0.10%S 0.005% or more is an indispensable component and is required also for prevention of weld cracking for improvement in machinability. Generating of the pinhole at the time of machining and the pit at the time of an electron discharge method is brought about as the amount of generation of MnS is excessive, and toughness is reduced. Furthermore, since it becomes the cause of the noise at the time of an ultrasonic examination to the steel for plastics metal mold as a problem of a proper, an upper limit must be prepared in a comparatively low place. The value is 0.10%.

[0018] Cr: 0.2-2.5%Cr is a component which raises hardenability. When manufacturing large-sized metal mold especially, considering suppression of the mass effect over hardening, it is important and 0.2% or more of addition is made indispensable. Since machinability, weldability, and hot-working nature will be reduced when promoting generation of a carbide segregation band and worsening crimp workability if it adds so much, it stops to addition to a maximum of 2.5%.

[0019] Precipitation strengthening is expected and V:0.05 - 0.15%V adds while securing resistance-to-temper-softening nature. Moreover, it combines with C or N, carbon nitride is built, and there is effectiveness which makes crystal grain detailed. Although obtained by 0.05% or more of addition, such effectiveness will reduce machinability, if it exceeds 0.15%.

[0020] aluminum: Although aluminum generally expects the deoxidation effectiveness 0.001 to 0.020% and it adds, in this invention, when adjusting the presentation of oxide system inclusion appropriately and raising a tool life, it is required, and add at least 0.001%. If it exceeds 0.20%, a hard alumina cluster will be generated and this will spoil the mirror plane nature and machinability of steel.

[0021] calcium: Since 0.0005 - 0.02%calcium is a component which is made to contain in a sulfide and forms a protective coat on the surface of a cutting tool, it is a component very important for the steel of this invention. In order to acquire this effectiveness, 0.0005% or more of addition is made indispensable. On the other hand, if superfluous calcium exceeding 0.02% is added, high-melting CaS will generate and the failure of a nozzle blockading at the time of casting will arise.

[0022] O:0.0005 - 0.01%O is an element required when making the oxides (CaO, aluminum 2O₃, etc.) which serve as a nucleus at the time of a sulfide deposit generate. Since high-melting CaS generates so much, worsens teeming nature and becomes the trouble of casting in the steel deoxidized too much, at least 0.0005% of O is required. On the other hand, machinability not only worsens, but O exceeding 0.01% uses all calcium as an oxide, a lot of hard oxides generate, and generation of a desired calcium sulfide becomes difficult. A lot of oxides cause a pinhole. Since a perimeter is a **** sulfide softly, the dual structure inclusion with which the sulfide enclosed the oxide of optimum dose cannot be omitted easily at the time of machining, and does not become a pinhole.

[0023] It will be as follows if a common impurity and its regulation are stated to the free cutting steel of this invention.

[0024] Since it is harmful for the toughness and weldability of steel, a thing little if possible is desirable, but since the bad influence to toughness is small, 0.03% can usually permit P:0.03% or less P. Preferably, it is 0.015% or less.

[0025] B:0.002% or less B raises weld-cracking susceptibility and is harmful. As for 0.002%, this bad influence does not have a parenchyma top, and it is a permissible limitation.

[0026] being harmful, since N combines with Cr, Mo, V, and aluminum with C N:0.04% or less, carbon nitride is formed and crystal grain is made detailed -- about -- although it cannot say, carbon nitride causes a pinhole. since N reduces hot-working nature, it does not have few [too] things which it was alike and were exceeded again. In view of the actual condition of steel manufacture, 0.04% which can be especially reduced without difficulty was prepared as an upper limit.

[0027] In addition to the above-mentioned fundamental alloy presentation, according to the place which is needed with the property required of the size metallurgy mold of metal mold, the free cutting steel for the plastic-molding metal mold of this invention is presentation within the limits to specify, and can contain additionally one sort of the element belonging to the next group, or two sorts or more. In those modification modes, the reason for limitation of the presentation range is described below as work of each alloy content which can be added to arbitration.

[0028] nickel: If required one sort (less than [2.0%] and Mo:1.0%) or when both secure two sorts of desired hardness, it is good to add. Although nickel raises hardenability, machinability will be worsened if it exceeds 2.0%. Mo gives the resistance-to-temper-softening nature in the temperature of 600 degrees C or more while raising hardenability. Mo is also existence of the minus to machinability. Cost is considered to be it and less than 1.0% of addition is a best policy.

[0029] Zr: It is a component effective in making crystal grain detailed less than [0.5%], and raising toughness. In addition, there is effectiveness which mitigates the anisotropy of MnS. However, since such effectiveness was saturated with increase of an addition, it limited to 0.5%.

[0030] one sort less than [Pb:0.4%], less than [Bi:0.4%], less than [Te:0.1%], and not more than Se:0.5% -- or two or more sorts of all are machinability improvement elements. It exists in the form where Pb is independent or it adheres to the periphery of a sulfide, and itself raises machinability. It did not dissolve in steel but the upper limit of 0.4% was established for reasons of condensing and precipitating and becoming the defect of steel, even if it added Pb beyond this. The reason Bi also determined the upper limit of an operation and the plastic range is the same as that of Pb. The upper limit of the addition of Te and Se is defined in consideration of the bad influence to hot-working nature.

[0031] The inclusion which exists in the interior of the free cutting steel for plastics metal mold according to this invention is dual structure inclusion, as described above, and according to EPMA analysis, a core part is the oxide of calcium, Mg, Si, and aluminum, and is having structure in which MnS containing CaS enclosed the perimeter. The gestalt of such inclusion is required in order to attain machinability called the target tool life ratio 5 by this invention through the device discussed downward, and the conditions for realizing the gestalt of such inclusion are operating conditions which also described this above.

[0032] Correlation with the occupancy area of the inclusion which fulfills a convention "the occupancy area of the sulfide system inclusion containing 1.0% of the weight or more of calcium in which a CaO content exists in contact with the oxide system inclusion which is 8 - 62 % of the weight is visual field area two or more 2.0x10 to 4 mm per two of 3.5mm" of the gestalt of inclusion, and the ratio to the tool life the sulfur free cutting steel of same S content indicates a tool life to be is shown in the graph of drawing 1 . the free cutting steel for the plastics metal mold of the following alloy presentation with which this data follows this invention -- receiving -- end mill cutting -- carrying out -- obtaining -- 0.25C-0.3 -- an Si-1.0Mn-1.4Cr-0.1 V-Fe tool life ratio -- it is shown that the result of five or more can be attained when dual structure inclusion occupies two or more 2.0x10 to 4 mm.

[0033] It is better protection of the tool front face by dual structure inclusion which is explained below, and the device of lubrication which artificers consider as a reason which shows the machinability

excellent in the steel for machine structural use of this invention.

[0034] A core part is the multiple oxide of 2OCaO -aluminum₃ system, and, as for the dual structure inclusion of this invention, the compound sulfides of S (calcium, Mn) system are surrounding the surroundings of it. This oxide is the thing of a low-melt point point in 2OCaO -aluminum₃ system, and, on the other hand, a compound sulfide is high-melting from the simple sulfide MnS. This dual structure inclusion deposits in the form where sulfides surround an oxide certainly, by making an oxide into the thing of the low-melt point point of 2OCaO -aluminum₃ system. Although the operation of sulfide system inclusion fusing in cutting, and covering and protecting a tool front face is known well, if only a sulfide exists, generation and maintenance of this coat will not be stabilized. If the low-melt point point oxide of 2OCaO -aluminum₃ system lives together in sulfide system inclusion, when artificers found out, and a coat will generate to stability, the compound sulfide of S (calcium, Mn) system has the lubrication engine performance higher than simple MnS.

[0035] (calcium, Mn) The meaning in which the compound sulfide of S system forms a coat in a tool front face is in the effectiveness which controls wear of the sintered carbide tool called "thermal diffusion wear." Thermal diffusion wear is wear to which a tool becomes weak and progresses, as a result of the carbide which constitutes a tool material pyrolyzing, and spreading C and losing it in a scraps metal, if a tool touches the scraps produced from the candidate for cutting at an elevated temperature. If a lubricative high coat generates on a tool front face, the temperature rise of a tool will be prevented and diffusion of C will be controlled.

[0036] Dual structure inclusion CaO -aluminum₂O₃/(calcium, Mn) S of the free cutting steel of this invention can be called thing having each advantage of MnS which is the inclusion of the conventional sulfur free cutting steel, and ANORU site CaO -aluminum₂O₃ and 2SiO_2 which are the inclusion of conventional calcium deoxidized steel if a viewpoint is changed. Although MnS on the front face of a tool shows lubricity, the stability of a coat is in it, it is a paralysis convex, and is powerless to thermal diffusion wear. On the other hand, although CaO -aluminum₂O₃ and 2SiO_2 form a stable coat and prevents thermal diffusion wear, it is lacking in lubricity. On the other hand, the dual structure inclusion of this invention shows better lubricity while it forms a stable coat and prevents thermal diffusion wear effectively.

[0037] Since generation of such dual structure inclusion begins from preparing the multiple oxide of a low-melt point point as mentioned above, the amount of [aluminum] is important for it first, and at least 0.001% of existence is required for it. If [aluminum] passes so much, since the melting point of a multiple oxide becomes high, it will be made to less than 0.020%. Next, in order to adjust the amount of generation of CaS, [calcium] x [S] and [calcium]/[S] is controlled to the above mentioned value.

[0038] The device mentioned above is accompanied by the actual proof. The application for patent No. 174606 [2001 to] shown above showed the cutting-about free cutting steel of machine structural steel worker-free cutting steel according to the invention condition, and the analysis result of the melting inclusion which adhered there as contrasted with the case where an ordinary sulfur free cutting steel is machined. Although it could check that S existed by high concentration in both cases, and the coat of a sulfide was generating the inclusion which adhered according to it, a lot of adhesion of calcium was accepted in the tool which machined the free cutting steel according to invention, and existence of calcium was not accepted in the inclusion of an ordinary sulfur free cutting steel to it having turned out that this coat is the thing of S (calcium, Mn) system. The same result was checked also about the free cutting steel for the plastic-molding metal mold of this invention.

[0039]

[Example] The steel for plastic-molding metal mold of the presentation shown in Table 1 and 2 was ingoted with 150kg RF vacuum induction furnace, and was cast to the ingot, each ingot was forged into the square bar mold whose one side is 60mm, and the trial was presented with it after heat treatment. Heat treatments are hardening to 970 degrees C which carries out after [heating] air cooling, and annealing in the suitable temperature for each steel following it. In Table 1 and 2, the experimental run number of the thing of an example and a small letter (a, b) is an example of a comparison, and the thing of a capital letter (A, B) is contrast of the following contents.

Series of A and a: [0040] which examined what increased the amount of S or Si based on the conventional knowledge in the existing alloy presentation as an example of a series: comparison of the things B and b from which the presentation of a major component is the same as, and amounts, such as calcium and O, differ

表1 (Aシリーズ、その1) 合金組成(重量% 残部Fe) 実施例

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
A 1	0.55	0.25	0.91	0.015	0.014	0.10	0.25	0.01	0.01	0.009	0.0018	0.0015	0.013	
a 1	0.54	0.27	0.98	0.014	0.012	0.14	0.27	0.01	0.01	0.016	0.0002	0.016	0.014	
A 2	0.24	0.49	0.98	0.008	0.027	0.08	1.42	0.01	0.11	0.010	0.0035	0.0028	0.011	
a 2	0.25	0.52	1.00	0.008	0.026	0.09	1.41	0.01	0.10	0.008	0.0002	0.0009	0.014	
A 3	0.24	0.49	0.98	0.008	0.055	0.08	1.42	0.01	0.11	0.007	0.0033	0.0033	0.011	
a 3-1	0.25	0.52	1.00	0.008	0.057	0.09	1.41	0.01	0.10	0.008	0.0001	0.0012	0.014	
a 3-2	0.25	0.49	0.98	0.010	0.057	0.07	1.36	0.01	0.10	0.004	0.0028	0.0008	0.010	
A 4	0.26	0.99	0.75	0.013	0.018	0.10	1.42	0.01	0.07	0.012	0.0033	0.0031	0.013	
a 4	0.25	1.02	0.78	0.012	0.017	0.09	1.44	0.01	0.08	0.020	0.0001	0.0013	0.012	
A 5	0.26	0.30	1.00	0.011	0.025	0.10	1.42	0.24	0.10	0.008	0.0018	0.0031	0.013	
a 5	0.25	0.28	1.00	0.009	0.056	0.09	1.44	0.24	0.10	0.010	0.0001	0.0013	0.012	
A 6	0.26	0.98	1.00	0.011	0.055	0.10	1.42	0.24	0.10	0.009	0.0025	0.0031	0.013	
a 6	0.25	1.00	1.00	0.009	0.054	0.09	1.44	0.24	0.10	0.010	0.0001	0.0013	0.012	

表1 (Aシリーズ、その2) 合金組成(重量% 残部Fe)

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
A 7	0.18	0.04	1.60	0.008	0.042	0.10	2.20	0.36	0.12	0.010	0.0035	0.0018	0.013	
a 7-1	0.19	0.04	1.65	0.009	0.040	0.09	2.24	0.34	0.12	0.015	0.0001	0.0013	0.012	
a 7-2	0.19	0.06	1.67	0.009	0.041	0.08	2.25	0.33	0.10	0.018	0.0038	0.0009	0.008	
A 8	0.18	0.50	1.71	0.011	0.045	0.12	2.52	0.38	0.11	0.009	0.0035	0.0029	0.007	
a 8	0.18	0.52	1.70	0.012	0.044	0.09	2.55	0.39	0.12	0.015	0.0003	0.0013	0.009	
A 9	0.17	0.50	1.66	0.010	0.051	0.12	2.50	0.38	0.13	0.015	0.0038	0.0022	0.007	
a 9	0.16	0.95	1.65	0.012	0.049	0.09	2.55	0.39	0.12	0.015	0.0001	0.0013	0.009	
A 10	0.18	0.96	1.62	0.007	0.050	1.01	2.01	0.44	0.11	0.011	0.0025	0.0032	0.011	
a 10	0.19	0.32	1.64	0.006	0.048	1.04	2.00	0.46	0.10	0.016	0.0001	0.0016	0.009	
A 11	0.26	0.50	0.98	0.008	0.055	0.04	1.38	0.01	0.12	0.006	0.0035	0.0031	0.013	Zr 0.02
a 11	0.25	0.52	0.97	0.010	0.053	0.05	1.37	0.01	0.12	0.020	0.0001	0.0013	0.012	Zr 0.02
A 12	0.25	0.53	0.77	0.009	0.051	0.08	1.02	0.01	0.11	0.007	0.0043	0.0045	0.011	Pb 0.30
a 12	0.25	0.52	0.78	0.008	0.052	0.09	1.01	0.01	0.10	0.008	0.0001	0.0011	0.014	Pb 0.32
A 13	0.16	0.53	2.06	0.008	0.065	0.12	2.30	0.40	0.09	0.009	0.0038	0.0042	0.007	Bi 0.21
a 13	0.17	0.52	2.01	0.007	0.062	0.10	2.34	0.39	0.10	0.015	0.0001	0.0019	0.009	Bi 0.22

表 1 (Aシリーズ、その3) 合金組成 (重量% 残部Fe)

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
A 1 4	0.15	0.83	1.60	0.011	0.053	0.13	2.10	0.45	0.09	0.012	0.0032	0.0035	0.007	Te 0.02
a 1 4	0.15	0.82	1.65	0.009	0.051	0.11	2.13	0.42	0.10	0.013	0.0001	0.0023	0.009	Te 0.03
A 1 5	0.26	0.98	1.00	0.011	0.075	0.10	1.42	0.24	0.09	0.012	0.0032	0.0035	0.007	Se 0.25
a 1 5	0.25	1.00	1.00	0.009	0.073	0.09	1.44	0.22	0.10	0.013	0.0001	0.0023	0.009	Se 0.28

[0041]

表 2 (Bシリーズ) 合金組成 (重量% 残部Fe)

No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Ca	O	N	その他
B 1	0.26	0.20	1.00	0.011	0.024	0.10	1.42	0.01	0.10	0.008	0.0033	0.0018	0.013	
b 1	0.25	1.05	1.00	0.009	0.085	0.09	1.44	0.01	0.10	0.010	0.0001	0.0010	0.012	
B 2	0.18	0.05	1.60	0.008	0.032	0.10	2.20	0.36	0.12	0.010	0.0035	0.0018	0.012	
b 2	0.19	0.98	1.65	0.009	0.105	0.09	2.24	0.34	0.12	0.015	0.002	0.013	0.012	

[0042] About each test specimen, while measuring hardness, the following trial was performed. A test result is shown in Table 3 and 4 corresponding to Table 1 and 2 with formation of the protective coating on the value of -5 and 10[component ratio of each free cutting steel for plastic-molding metal mold, i.e., [S]/[O] [calcium] x[S], and calcium]/[S], the gestalt of inclusion, and the front face of a tool at the time of lathe turning.

[0043] [Machinability] The ratio when setting tool life time amount of the example of a comparison to which cutting is carried out the following condition and the acquired tool life time amount is equivalent to 1 was shown as a "tool life ratio."

tool: -- a two end mill cutting edge and 32mm of diameters rotation: -- 5000rpm delivery: -- 750 m/min infed: -- 4mm of shafts, and 1mm cutting oil [of diameters]: -- nothing tool life criterion: -- 0.3mm

[0044] of the horizontal flank maximum wear The inclusion of the sulfide system containing 1.0% of the weight or more of calcium in which a CaO content exists in contact with the oxide system inclusion which is 8 - 62 % of the weight by the [evaluation of sulfide system inclusion] EPMA measured the area occupied to per two a visual field area of 3.5mm.

[0045] The front face of [evaluation of mirror plane nature] test piece was ground by hand finishing by #3000 emery. The pinhole of a mirror plane, crimp nonuniformity, etc. were investigated and what is not suitable for O and use in a thing usable as steel for plastic-molding metal mold was made into x.

[0046] The slanting Y mold weld examination specified to [evaluation of weldability] JIS-Z3158 was performed. That to which weld cracking generated what weld cracking generated in neither of ten test pieces at the time of carrying out a 300-degree C preheating in O and either was made into x.

[0047]

表 3 (Aシリーズ、その1) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	[S]/[O]	[Ca]・[S] ×10 ⁻⁵	[Ca]/[S]	保護被 膜	工具寿 命比	鏡面性	溶接性
A1	28HS	7.8×10^{-4}	9.3	2.5	0.13	○	15	○	×
a1	28HS	1.2×10^{-5}	7.5	0.2	0.02	×	1	○	×
A2	29HS	1.3×10^{-3}	9.6	9.5	0.13	○	22	○	○
a2	29HS	1.8×10^{-5}	28.9	0.5	0.01	×	1	○	○
A3	29HS	7.2×10^{-4}	16.7	18.2	0.06	○	14	○	○
a3-1	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	47.5	0.6	0.00	×	1	○	○
a3-2	30HS	3.2×10^{-5}	71.3	16.0	0.05	×	2	○	○
A4	29HS	8.8×10^{-4}	5.8	5.9	0.18	○	10	○	○
a4	28HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	13.1	0.2	0.01	×	1	○	○
A5	30HS	4.2×10^{-4}	8.1	4.5	0.07	○	15	○	○
a5	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	43.1	0.6	0.00	×	1	○	○
A6	31HS	7.2×10^{-4}	17.7	13.8	0.05	○	11	○	○
a6	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	41.5	0.5	0.00	×	1	○	○

表 3 (Aシリーズ、その2) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	[S]/[O]	[Ca]・[S] ×10 ⁻⁵	[Ca]/[S]	保護被 膜	工具寿 命比	鏡面性	溶接性
A7	30HRC	9.4×10^{-4}	23.3	14.7	0.08	○	17	○	○
a7-1	31HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	30.8	0.4	0.00	×	1	○	○
a7-2	30HRC	5.2×10^{-4}	45.6	15.6	0.09	×	3	○	○
A8	29HRC	8.2×10^{-4}	15.5	15.8	0.08	○	15	○	○
a8	29HRC	2.0×10^{-5}	33.8	1.3	0.01	×	1	○	○
A9	30HRC	8.4×10^{-4}	23.2	19.4	0.07	○	17	○	○
a9	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	37.7	0.5	0.00	×	1	○	○
A10	31HRC	4.2×10^{-4}	15.6	12.5	0.05	○	8	○	○
a10	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	30.0	0.5	0.00	×	1	○	○
A11	31HS	8.2×10^{-4}	17.7	19.3	0.06	○	16	○	○
a11	31HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	40.8	0.5	0.00	×	1	○	○
A12	31HS	1.2×10^{-3}	11.3	21.9	0.08	○	20	○	○
a12	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	47.3	0.5	0.00	×	1	○	○
A13	30HRC	6.2×10^{-4}	15.5	24.7	0.06	○	15	○	○
a13	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	32.6	0.6	0.00	×	1	○	○

表 3 (A シリーズ、その 3) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	[S]/[O]	[Ca]・[S] ×10 ⁻⁵	[Ca]/[S]	保護被 膜	工具寿 命比	鏡面性	溶接性
A14	30HRC	5.5×10^{-4}	15.1	17.0	0.06	○	12	○	○
a14	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	22.2	0.5	0.00	×	1	○	○
A15	31HRC	5.7×10^{-4}	21.4	24.0	0.04	○	14	○	○
a15	31HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	31.7	0.7	0.00	×	1	○	○

[0048]

表 4 (B シリーズ) 試験結果

No.	硬さ	介在物面積	[S]/[O]	[Ca]・[S] ×10 ⁻⁵	[Ca]/[S]	保護被 膜	工具寿 命比	鏡面性	溶接性
B1	29HS	8.4×10^{-4}	13.3	7.9	0.14	○	5	○	○
b1	30HS	$<1.0 \times 10^{-5}$	85.0	0.9	0.00	×	1	×	×
B2	30HRC	1.3×10^{-3}	17.8	11.2	0.11	○	4	○	○
b2	30HRC	$<1.0 \times 10^{-5}$	80.8	2.1	0.00	×	1	×	×

[0049]

[Effect of the Invention] Since the inclusion, especially dual structure inclusion which bring about high machinability existed in the free cutting steel for the plastic-molding metal mold of this invention with the optimal gestalt, outstanding machinability to which a tool life can attain the target of 5 or more times easily to an ordinary sulfur free cutting steel in machinability was realized.

[0050] In the old free cutting steel, although a certain amount of consideration was performed about the gestalt of the inclusion which gives good machinability, it was about the means which makes such inclusion with high repeatability, and the actual condition was not able to carry out paralysis convex satisfaction. This invention can manufacture the pre HADON type free cutting steel for plastic-molding metal mold with the machinability excellent in the usual state especially by breaking through **** of the conventional technique in this point, and performing manufacture which fills the aforementioned operating condition.

[Translation done.]